

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA NANO HIDRO PORTABLE SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

LUKAS GALIH ROH PRIYAWAN

D400170116

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA NANO HIDRO PORTABLE SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

PUBLIKASI ILMIAH

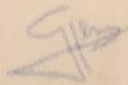
oleh:

LUKAS GALIH ROH PRIYAWAN

D400170116

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Tindyo Prasetyo, S.T., M.T

NIK.819

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA NANO HIDRO PORTABLE SEBAGAI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

OLEH

LUKAS GALIH ROH PRIYAWAN

D400170116

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 5 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Aris Budiman, S.T., M.T

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Agus Ulinuha, Ph.D

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK. 892

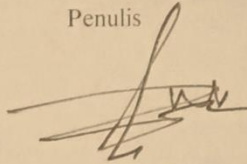
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Agustus 2021

Penulis



LUKAS GALIH ROH PRIYAWAN

D400170116

RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NANO HIDRO PORTABLE SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Abstrak

Saat ini pembangkit yang sangat berpotensi adalah pembangkit menggunakan tenaga air. Karena tenaga air sangat ramah untuk lingkungan dan tidak berdampak buruk bagi lingkungan dan dibutuhkan pembangkit bertenaga alam (Air) dengan skala kecil yang dapat dikembangkan secara mandiri oleh masyarakat di daerah terisolir, agar nantinya dapat membantu menyuplai kebutuhan energi listrik. Alat ini dinamakan prototipe pembangkit listrik tenaga nano hidro portable sebagai sumber energi alternatif, pembangkit yang menggunakan energi air untuk mengisi daya. Pembangkit Listrik Tenaga Nano Hidro (PLTNH) Portable dengan bobot 1,6 kilogram yang bisa dibawa oleh satu orang diharapkan bisa memberi kemudahan dalam upaya memperoleh tenaga listrik di tempat terpencil yang belum tersedia listrik sebagai kebutuhan khusus seperti survei lapangan, arus air akan memutar turbin air sehingga berputar dan memutar poros yg berupa as baja yang disambung langsung pada Generator DC Mini dengan tegangan mencapai 0,64 - 4,76 V dengan putaran RPM 100 – 1600 RPM, lalu output an yang dihasilkan dari generator mengalir ke modul DC-DC step up MT3608 (Dc Boost Converter) dan akan dinaikkan maksimum 5 V. Kemudian, modul charger TP4056 ter supply dengan tegangan sehingga modul charger akan mengisi baterai Lithium. Setelah itu, jika ingin menggunakan usb (modul step up boost usb) untuk mengisi maupun menghidupkan perangkat elektronika dan menampilkan daya baterai di voltmeter display maka harus mengubah posisi saklar yang sebelumnya off menjadi on.

Kata Kunci: generator DC, modul charger, pembangkit listrik, portable, turbin air.

Abstract

Currently, the most potential power plant is a hydropower plant. Because hydropower is very friendly to the environment and does not have a bad impact on the environment and there is a need for small-scale natural (water) power plants that can be developed independently by communities in isolated areas, so that later they can help supply electrical energy needs. This tool is called a prototype of a portable nano hydro power plant as an alternative energy source, a generator that uses water energy to charge. The Portable Nano Hydro Power Plant (PLTNH) with a weight of 1.6 kilograms that can be carried by one person is expected to provide convenience in efforts to obtain electricity in remote places where electricity is not yet available for special needs such as field surveys, water currents will rotate water turbines so that it rotates and rotates the shaft in the form of a steel axle which is connected directly to the Mini DC Generator with a voltage reaching 0.64 - 4.76 V with a rotation of 100 - 1600 RPM RPM, then the output generated from the generator flows into the step up DC-DC module. MT3608 (Dc Boost Converter) and will be increased to a maximum of 5 V. Then, the TP4056 charger module is supplied with voltage so that the charger module will charge the Lithium battery. After that, if you want to use the usb (step up boost usb module) to charge or turn on electronic devices and display battery power on the voltmeter display, you must change the position of the switch that was previously off to on.

Keywords: DC generator, charger module, power generator, portable, water turbine.

1. PENDAHULUAN

Saat ini pembangkit listrik yang menggunakan energi alam sangat dibutuhkan dikarenakan lebih ramah dan tidak membahayakan lingkungan sekitar. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sudah cukup banyak di Indonesia, PLTA bisa menjadi alternatif yang cukup menjanjikan sebagai solusi kebutuhan listrik yang semakin tinggi, hanya saja pembangunan PLTA membutuhkan dana dan area operasi yang cukup besar. Hal itu menjadi salah satu penyebab mengapa di daerah-daerah terisolir di Indonesia masih ditemukan masalah sedikitnya energi listrik.

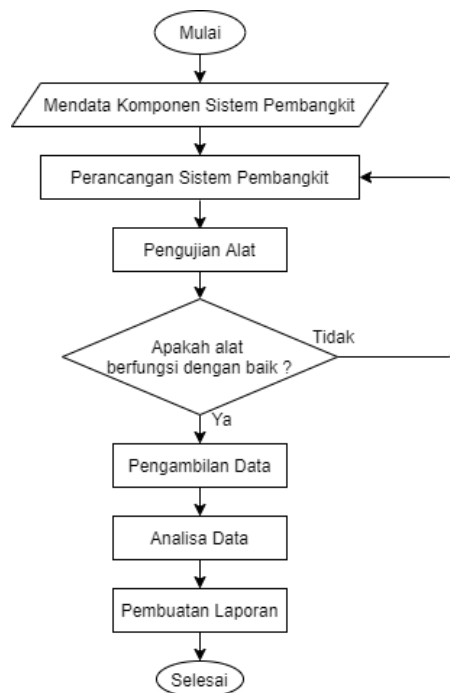
PLTNH adalah sumber energi listrik yang terbarukan dan murah dari segi biaya tetapi pada umumnya saat ini masih menggunakan konstruksi sipil yang permanen serta bobot yang berat, maka dari itu belum bisa dimanfaatkan sebagai sumber penerangan yang bersifat sementara atau dapat dipindahkan (*moveable/portable*) (Triyono et al., 2014).

Pada pedesaan dan daerah-daerah terpencil perlu ditingkatkan suatu sistem pembangkit listrik tenaga air yang skalanya lebih kecil dan sederhana (*portable*) untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, untuk penyedia jaringan ataupun cadangan listrik. Pembangkit listrik Nano Hidro *portable* atau biasa disebut dengan PLTNH *portable* merupakan sistem pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan tenaga air untuk penggerak utama seperti: aliran irigasi, aliran sungai maupun air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air (Bernad & Putra, 2018).

Dasarnya pembangkit nanohidro memanfaatkan energi potensial jatuhan air (*head*). Jika semakin tinggi jatuh air maka semakin besar energi potensial air yang bisa diubah menjadi energi listrik. Selain faktor geografis, tinggi jatuh air bisa didapat dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi lebih tinggi (Myson & Aritonang, 2020). Lalu, energi mekanik yang disebabkan oleh putaran turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Nano Hidro biasa memanfaatkan jatuh tinggi air yang tidak terlalu besar, misal dengan jatuh tinggi air 2.5 meter dihasilkan energi listrik 400 watt (Hendar, Unjang : 2007). Relatif kecil energi listrik yang dibangkitkan pembangkit mikrohidro dibandingkan dengan PLTA yang berskala besar, dapat dilihat pada relatif sederhana peralatan serta kecilnya area yang dibutuhkan untuk instalasi dan operasi nano hidro. Dengan demikian, salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi adalah pemberdayaan energi air yang berupa wilayah yang berpotensi untuk peningkatan pembangkit listrik tenaga air. Pengembangan pembangkit nanohidro diputuskan sebagai pilihan yang sesuai untuk penyediaan energi listrik di daerah terpencil dengan jumlah penduduk yang minim dan susah dijangkau oleh pemerintah (Sakura et al., 2017).

2. METODE



Gambar 1. Flowchart langkah penelitian

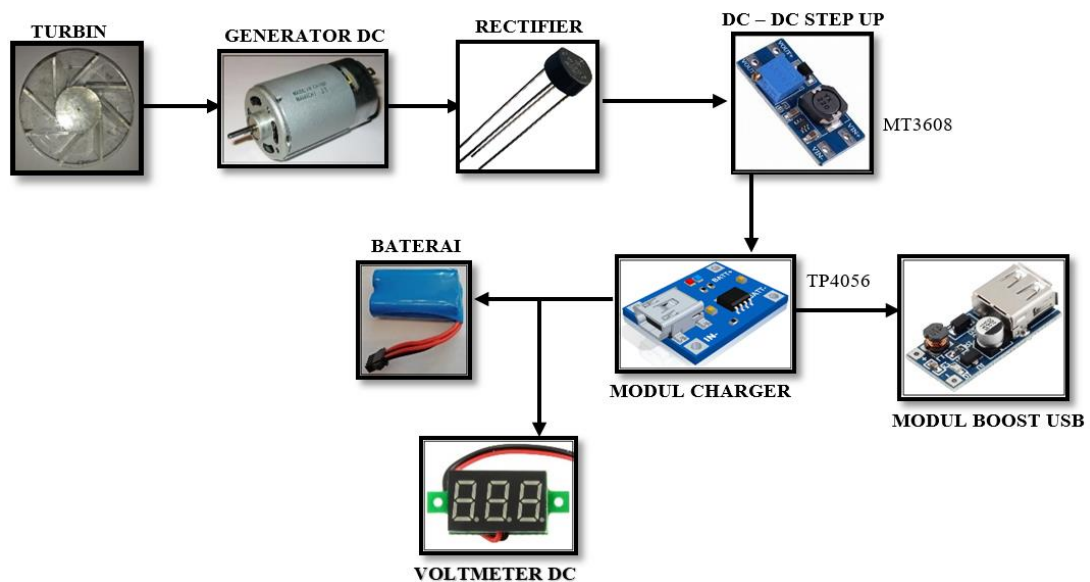
Untuk perancangan sistem pembangkit listrik tenaga nanohidro *portable* dijelaskan *flowchart* gambar 1. menunjukkan proses langkah penelitian. Diawali dari perencanaan sistem pembangkit, pada proses ini dilakukan perencanaan konsep dan cara kerja pada sistem pembangkit, dilanjutkan dengan perancangan turbin air dan perancangan *housing* generator DC mini. Kemudian dilakukan perancangan instrumen elektronika penyokong sistem pembangkit yaitu DC-DC *step up* MT3608 yang disambungkan ke modul *charger* TP4056 yang mana nantinya akan disambungkan ke Baterai *Lithium* nikel 2000 mAh, *Voltmeter* DC *display*, Modul DC-DC *step up boost usb* dan saklar *on-off*.

Selanjutnya dapat dilakukan pengujian alat. Apabila sistem dapat bekerja maka akan dilanjutkan pengambilan data bila tidak bekerja maka dilakukan perbaikan alat. Setelah dilakukan proses perbaikan akan dilanjutkan dengan proses pengambilan dan analisa data yang nanti akan dibuat laporan.

2.1. Perancangan Sistem

Tahapan perancangan pembangkit listrik tenaga nanohidro *portable* ini dijelaskan pada Gambar 2. Pada perancangan alat ini dibutuhkan beberapa komponen seperti Generator DC mini, Generator *holder*, as baja 5 mm, Turbin, Tripod, Kabel, DC-DC *step up* MT3608, Modul *charger* TP4056, Baterai *Lithium* nikel 2000 mAh, Baterai *holder*, *Voltmeter* DC *display*, Modul DC-DC *step up boost usb*, saklar *on-off*, *box housing*. Setiap komponen memiliki fungsi masing-masing. Generator DC mini memiliki fungsi sebagai komponen yang membangkitkan tenaga listrik. DC-DC *step up* MT3608

berfungsi sebagai rangkaian penaik tegangan DC dengan tegangan maksimum 5 V. Modul charger TP4056 adalah modul untuk mengisi baterai isi ulang *Lithium* 1 A yang dilengkapi dengan 2 lampu indikator, yaitu LED merah menyala menunjukkan status saat mengisi ulang dan LED biru menyala menunjukkan bahwa baterai sudah terisi penuh. *Voltmeter* DC *display* berfungsi untuk menampilkan besarnya daya yang ada di baterai. Modul DC-DC *step up boost usb* berfungsi untuk menaikkan sumber tegangan di bawah 5 V menjadi *usb* 5 V agar dapat dipakai untuk mengisi ulang atau menghidupkan peralatan elektronik yang memakai *usb*. Saklar *on-off* berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan tegangan ke modul *usb* dan *voltmeter display*, bila dalam posisi *on* maka *usb* bisa digunakan (dialiri tegangan) dan *voltmeter display* baterai akan menyala, sedangkan bila dalam posisi *off* maka *usb* tidak bisa digunakan (tidak dialiri tegangan) dan *voltmeter display* mati.



Gambar 2. Diagram blok sistem

Prinsip kerja sistem pembangkit listrik tenaga nanohidro *portable* yang sudah terkoneksi satu sama lain ialah dimana turbin akan digerakkan oleh sumber air sehingga generator DC mini membangkitkan energi listrik (tegangan). Tegangan yang dibangkitkan pada generator dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_a = K \times \emptyset \times \omega r \quad (1)$$

(Ariyantini, 2017)

Keterangan :

E_a : Tegangan yang dibangkitkan (Volt)

K : Konstanta

\emptyset : Fluks magnet (Wb)

ωr : Kecepatan putar (RPM)

Tegangan yang dibangkitkan oleh generator akan digunakan sebagai tegangan *awal* yang dimana akan melewati beberapa proses dan nanti akhirnya akan *supply* baterai. Proses awal tegangan yang dibangkitkan generator tersalurkan ke modul DC-DC *step up* MT3608 sebagai *input* sedangkan *output*-nya berupa tegangan yang sudah dinaikkan. Kemudian, *modul charger* TP4056 akan mengisi baterai *Lithium*. Jika LED merah menyala maka proses pengisian berjalan, sedangkan jika LED biru menyala menunjukkan baterai telah terisi penuh dan secara otomatis modul charger memutus pengisian baterai. Setelah itu, jika ingin menggunakan usb (*modul step up boost usb*) untuk mengisi maupun menghidupkan perangkat elektronika dan menampilkan tegangan baterai di *voltmeter display* maka harus mengubah posisi saklar yang sebelumnya *off* menjadi *on*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Rancang Bangun Sistem Pembangkit

Pembuatan hardware sistem pembangkit ini menggunakan *box* plastik dengan dimensi panjang 14,5 cm, lebar 5 cm, tinggi 9,5 cm untuk *housing* generator. Sedangkan untuk pembuatan turbin pada generator ini dibuat dari akrilik dengan diameter 12 cm, jumlah sudu 8 buah, besar sudut antar sudu 45° dan dengan panjang sudu 4,5 cm, lebar 4 cm. Kemudian, untuk penyangga *housing* generator menggunakan *tripod* yang bisa diatur tingginya antara 30 cm sampai 100 cm dari permukaan. Lalu untuk *housing* rangkaian elektronika yang meliputi DC-DC *step up* MT3608, Modul *charger* TP4056, Baterai *Lithium* nikel 2000 mAh 4 buah, *Voltmeter* DC *display*, Modul DC-DC *step up boost usb* dan saklar *on-off* menggunakan *box* plastik yang berdimensi panjang 18,5 cm, lebar 11,5 cm, tinggi 6 cm.



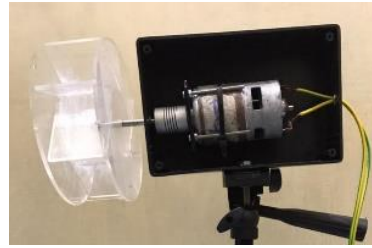
Gambar 3. Hardware sistem pembangkit



Gambar 4. Rangkaian elektronika



Gambar 5. Modul *charger usb*



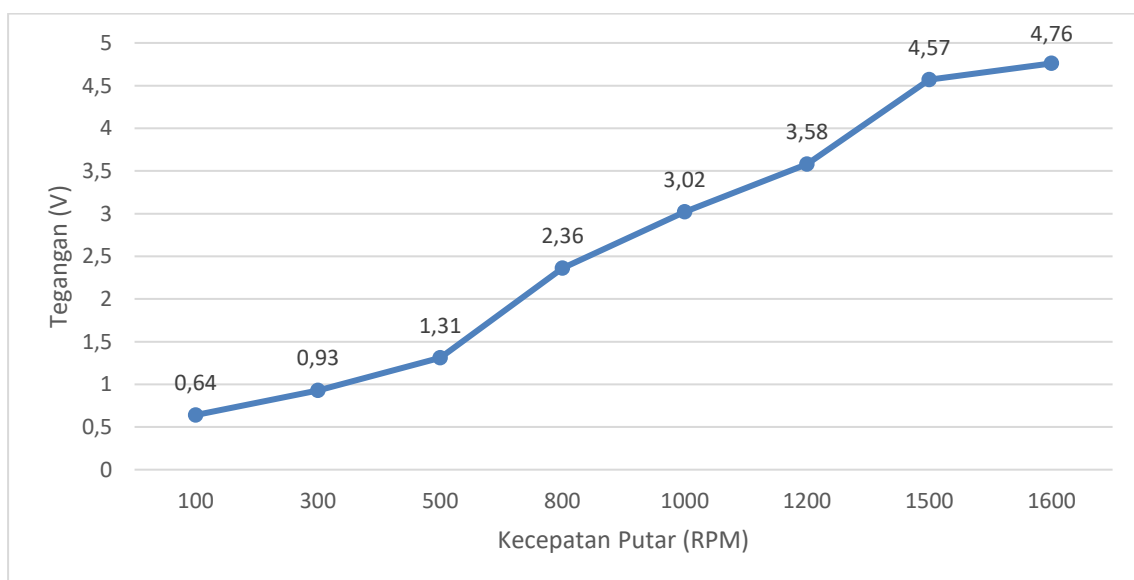
Gambar 6. Rangkaian pembangkit

Alat ini dibuat seminimalis mungkin agar tidak terlalu mempengaruhi berat pada sistem pembangkit. Berat pada sistem pembangkit ini 1,6 kilogram dikarenakan berat juga mempengaruhi kenyamanan pengguna untuk membawa maupun menggunakan sistem pembangkit.

3.2. Hasil Pengujian Laboratorium

Tabel 1. Pengukuran tegangan sistem pembangkit tanpa beban

Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan Generator (V)
100	0,64
300	0,93
500	1,70
800	2,36
1000	3,02
1200	3,58
1500	4,57
1600	4,76

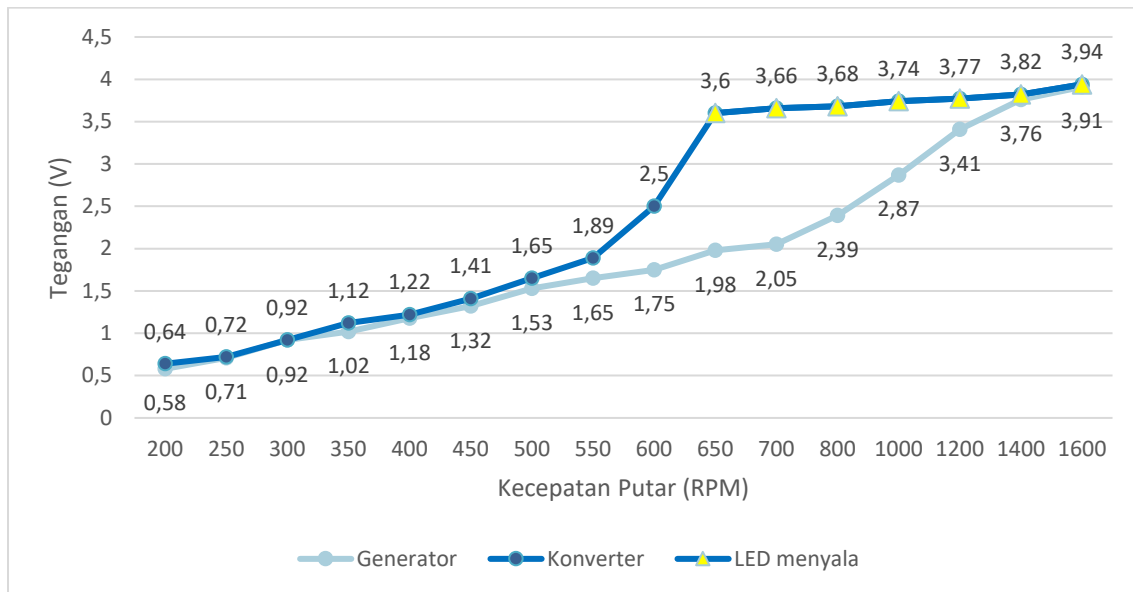


Gambar 7. Grafik hasil pengukuran tegangan generator

Tabel 1 dan gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran tegangan generator tanpa beban. Saat kecepatan putar generator 100 rpm, tegangan yang dibangkitkan adalah 0,64 V. Saat kecepatan putar dinaikkan menjadi 500 rpm tegangan yang dibangkitkan juga naik menjadi 1,31 V. Saat kecepatan putar dinaikkan lagi menjadi 800 rpm tegangan yang dihasilkan menjadi 2,36 V. Dilakukan pengujian dengan variasi kecepatan putar generator antara 100 – 1600 rpm, tegangan yang dihasilkan juga bervariasi yakni 0,64 – 4,76 V. Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian bahwasannya semakin besar kecepatan putar pada generator, maka tegangan yang dibangkitkan generator semakin besar juga.

Tabel 2. Pengukuran tegangan sistem pembangkit dengan beban

Generator dengan beban baterai Lithium			
KecepatanPutar (RPM)	Tegangan Generator (V)	Tegangan Konverter (V)	LED Modul Charger
200	0,58	0,64	Mati
250	0,71	0,72	Mati
300	0,92	0,92	Mati
350	1,02	1,12	Mati
400	1,18	1,22	Mati
450	1,32	1,41	Mati
500	1,53	1,65	Mati
550	1,65	1,89	Mati
600	1,75	2,50	Mati
650	1,98	3,60	Hidup
700	2,05	3,66	Hidup
800	2,39	3,68	Hidup
1000	2,87	3,74	Hidup
1200	3,41	3,77	Hidup
1400	3,76	3,82	Hidup
1600	3,91	3,94	Hidup



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran tegangan generator dan *boost converter* dengan beban

Tabel 2 dan gambar 8 menunjukkan hasil tegangan yang dibangkitkan oleh generator dan tegangan keluaran *boost converter* dengan beban baterai *lithium*. Ketika kecepatan putar generator 200 rpm maka tegangan yang dibangkitkan adalah 0,58 V dan tegangan keluaran *boost converter* adalah 0,64 V sedangkan LED modul *charger* mati. Saat generator berputar dengan variasi kecepatan putar 250 – 600 rpm tegangan yang dibangkitkan generator sebesar 0,71 – 1,75 V dan tegangan keluaran *boost converter* 0,64 – 2,5 V serta LED modul *charger* mati yang menunjukkan bahwa *range* tegangan itu belum dapat mengisi baterai dikarenakan tegangan yang dihasilkan tidak cukup menyuplai modul *charger*. Selanjutnya generator berputar dengan kecepatan putar 650 rpm tegangan yang dihasilkan generator 1,98 V dan tegangan keluaran *boost converter* 3,6 V. Disini ditemukan adanya peningkatan tegangan yang signifikan jika dibandingkan dengan kenaikan tegangan pada variasi sebelumnya dan indikator modul *charger* menyala yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses pengisian. Kemudian generator diputar dengan variasi kecepatan 700 – 1600 rpm, tegangan yang dihasilkan generator sebesar 2,05 – 3,91 V dan tegangan keluaran *boost converter* sebesar 3,66 – 3,94 V serta LED modul *charger* menyala. Pada variasi tersebut tegangan keluaran *boost converter* terletak pada titik sama yaitu 3 V hal ini karena modul *boost converter* telah diatur pada tegangan maksimum 5 V. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa *boost converter* berfungsi sebagai menaikkan tegangan dari generator dengan besar tegangan *input* tertentu dan besar tegangan *output* maksimalnya yang telah diatur sebelumnya.

3.3. Hasil Uji Coba Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan pada aliran air Umbul Ingas Cokro, Klaten dengan cara meletakkan alat dimana turbin tepat dibawah aliran air jatuh yang memiliki kecepatan aliran air bervariasi.

Hasil pengukuran kecepatan air

Untuk mengukur kecepatan air menggunakan rumus

$$v = C \sqrt{(2gh)} \quad (2)$$

(Setiawan Wie, 2017)

Keterangan :

C = Koefisien air (0,98)

g = Gravitasi Bumi (9,8 m/s²)

h = Jarak turbin dari titik jatuh air (meter)

a. Pengukuran kecepatan air pertama

$$v = 0,98 \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,2 \text{ m})}$$

$$v = 1,94 \text{ m/detik}$$

b. Pengukuran kecepatan air kedua

$$v = 0,98 \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4 \text{ m})}$$

$$v = 2,74 \text{ m/detik}$$

c. Pengukuran kecepatan air ketiga

$$v = 0,98 \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,6 \text{ m})}$$

$$v = 3,36 \text{ m/detik}$$

d. Pengukuran kecepatan air keempat

$$v = 0,98 \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,8 \text{ m})}$$

$$v = 3,88 \text{ m/detik}$$

e. Pengukuran kecepatan air kelima

$$v = 0,98 \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m})}$$

$$v = 4,34 \text{ m/detik.}$$



Gambar 9. Pengujian di aliran air
Umbul Ingas Cokro, Klaten



Gambar 10. Pengukuran Tegangan Generator
menggunakan multimeter



Gambar 11. Pengukuran Tegangan *step up*
menggunakan Multimeter



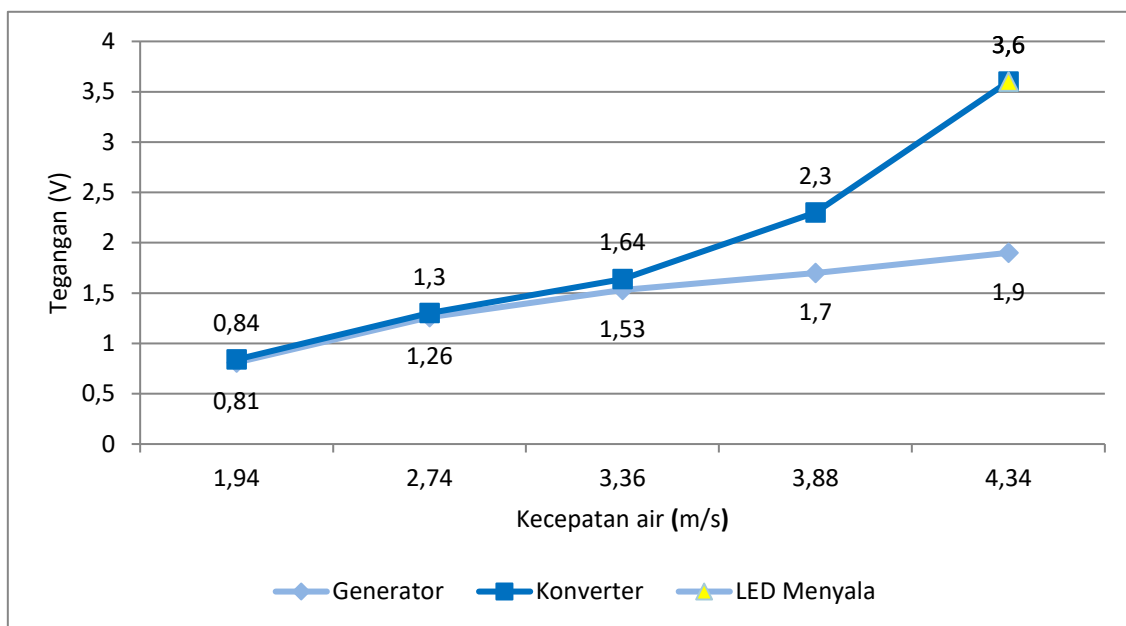
Gambar 12. Modul *Charger* menunjukkan
proses pengisian Baterai



Gambar 13. Pengukuran kecepatan putar dengan Tachometer

Tabel 3. Hasil pengujian lapangan

Kecepatan air (m/s)	Kecepatan Turbin (RPM)	Tegangan Generator (V)	Tegangan Konverter (V)	LED Modul Charger
1,94	271	0,81	0,84	Mati
2,74	421	1,26	1,30	Mati
3,36	516	1,53	1,64	Mati
3,88	560	1,70	2,30	Mati
4,34	652	1,90	3,60	Hidup

**Gambar 14.** Grafik hasil pengukuran tegangan (lapangan)

Tabel 3 dan gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran tegangan di lapangan. Pengujian alat ini dilakukan dengan cara menempatkan sistem pembangkit di bawah jatuh air. Pada percobaan pertama dilakukan dengan menempatkan alat pada aliran dengan tinggi jatuh 0,2 m dan kecepatan air 1,94 m/s hasilnya poros turbin berputar dengan kecepatan 271 rpm sedangkan tegangan yang dibangkitkan 0,81 V dan tegangan keluaran konverter 0,84 V. Namun, modul *charger* mati. Pada percobaan kedua sampai keempat alat diletakkan pada tinggi jatuh air 0,4 – 0,8 m dengan kecepatan air sebesar 2,74 – 3,88 m/s dan kecepatan putar turbin 421 – 560 rpm hasilnya tegangan yang dibangkitkan 1,26 – 1,7 V dan tegangan keluaran konverter 1,3 - 2,3 V serta modul *charger* mati. Percobaan ini dapat dilihat adanya kenaikan tegangan yang signifikan tapi tegangan yang dihasilkan belum bisa digunakan untuk mengisi ulang baterai. Lalu, pada percobaan kelima yang mana alat diletakkan pada jarak tinggi jatuh air 1 m dengan kecepatan air 4,34 m/s dan kecepatan turbin 652 rpm,

menghasilkan tegangan generator 1,9 V dan tegangan keluaran konverter 3,6 V sedangkan LED modul *charger* menyala, yang mana menandakan baterai dalam proses pengisian. Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa : 1) semakin tinggi jarak jatuh air ke turbin maka semakin besar kecepatan aliran airnya. 2) jika semakin besar kecepatan aliran air maka semakin cepat kecepatan putar turbin sehingga semakin besar pula tegangan yang dibangkitkan. 3) modul *charger* dapat bekerja saat tegangan yang dibangkitkan generator mencapai nilai minimum 1,9 V dan tegangan keluaran konverternya 3,6 V.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dilihat hasil analisa perhitungan dan pengujian dapat diketahui bahwa :

1. Generator DC mini yang digunakan pada perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga nanohidro *portable* dengan energi sumber aliran air ini dapat membangkitkan tegangan sebesar 4,76 V dengan kecepatan putar 1600 rpm.
2. DC-DC *step up* MT3608 *boost converter* digunakan sebagai rangkaian penaik tegangan DC dengan tegangan yang diatur maksimum 5 V karena untuk pengoptimalan dari penggunaan tegangan generator yang dibangkitkan.
3. Jika semakin jauh jarak jatuh air maka kecepatan aliran airnya semakin cepat yang mengakibatkan kecepatan putar turbin semakin cepat dan semakin besar pula tegangan generator yang dibangkitkan.
4. Pada pengujian baik laboratorium maupun lapangan modul *charger* dapat mengisi baterai saat tegangan yang dibangkitkan generator mencapai nilai minimum 1,9 V dan tegangan keluaran konverternya 3,6 V.

4.2 Saran

Adapun saran untuk pengembangan alat ini :

1. Pengujian berbeban dilakukan dan diambil sampai data arus dan beban yang bervariasi sehingga diketahui kemampuan daya dari alat.

PERSANTUNAN

Segala puji syukur untuk Allah SWT atas rahmat sehat dan hidayah-Nya penulis bisa menyelesaikan penelitian tugas akhir diatas. Sholawat serta salam selalu tecurahkan kepada Rasulullah SAW yang kita tunggu syafaatnya pada hari akhir. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Suparlan dan Ibu Sarmi yang selalu memberi doa serta dukungan baik moral ataupun moril.
2. Bapak Tindyo Prasetyo, S.T., M.T selaku dosen pembimbing, yang sudah memberikan bimbingan dan ilmunya kepada penulis selama ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memberi ilmu yang bermanfaat dan nasehat selama perkuliahan.
4. Saudara yang sudah banyak memberikan bantuan maupun semangat.
5. Teman-teman perkuliahan, Asisten laboratorium Teknik Elektro, dan teman-teman yang selalu memberi motivasi dan pertolongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyantini, M. D. (2017). Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Staphylococcus aureus Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember. *Skripsi*.
- Bernad, A., & Putra, E. (2018). *Analisis Perhitungan Efisiensi Daya Dengan Mengukur Besarnya Debit Aliran Air Dan Ketinggian (Head) Air Yang Jatuh Di Plta Saguling Bandung Analisis Perhitungan Efisiensi Daya Dengan Mengukur Besarnya Debit Aliran Air Dan Ketinggian (Head) Air Yang*. 1–3.
- Myson, M., & Aritonang, A. (2020). Generator DC 12 VOLT dengan Kapasitas 270 Watt untuk PLTMH Dijalan Bintara Sungai Duren Kecamatan Jambi Luar Kota Kabupaten Muara Jambi. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.33087/jepca.v2i1.25>
- Sakura, A., Supriyanto, A., & Surtono, A. (2017). Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro. *Universitas Lampung*, 05(02), 129–134.
- Setiawan Wie, D. (2017). Perencanaan Dan Implementasi Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh). *Jurnal Teknik Elektro*, 7(01).
- Triyono, B., Haryadi, & Nurega, P. (2014). Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Head Rendah dan Portable. *Jurusan Teknik Refrigerasi Dan Tata Udara*, 2008, 42–46.